

PAT-NO: JP360223299A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 60223299 A
TITLE: ULTRASONIC PROBE
PUBN-DATE: November 7, 1985

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

FUJII, TADASHI
YAMAGUCHI, KEIJI
YAGAMI, HIROYUKI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

TERUMO CORP

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP58236237

APPL-DATE: December 16, 1983

INT-CL (IPC): H04R017/00, A61B008/00 , G01N029/04 , H04R001/22

US-CL-CURRENT: 310/334

ABSTRACT:

PURPOSE: To improve the response properties of an ultrasonic probe by forming a three-layer acoustic matching layer between a transducer and a load.

CONSTITUTION: A probe 50 is formed by providing the 1st∼3rd acoustic matching layers 42, 44 and 46 of three-layer structure having acoustic impedances $Z_1 \sim Z_3$ between a transducer 10 serving as a piezoelectric matter and a load 16. The back load 18 of the transducer 10 is equal to air. The piezoelectric matter uses a material having the acoustic impedance of $20 \sim 40 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$. At the

same time,
the acoustic impedance of layers 42~46 are set at
 $5 \sim 15 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$,
 $1.9 \sim 4.4 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$ and
 $1.6 \sim 2.0 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$ respectively. Thus
the response
properties can be improved.

COPYRIGHT: (C)1985,JPO&Japio

⑦ Int.Cl.⁴ 識別記号 庁内整理番号 ⑧ 公開 昭和60年(1985)11月7日
H 04 R 17/00 1 0 1 A-7326-5D
A 61 B 8/00 6530-4C
G 01 N 29/04 A-6558-2G
H 04 R 1/22 HAC 7314-5D 審査請求 未請求 発明の数 1 (全16頁)

⑨ 発明の名称 超音波探触子

⑩ 特 願 昭58-236237

⑪ 出 願 昭58(1983)12月16日

⑫ 発 明 者 藤 井 正 富士宮市大宮2551番地の16
⑬ 発 明 者 山 口 慶 二 清水市北矢部818番地の10
⑭ 発 明 者 矢 上 弘 之 富士宮市大宮2517番地 テルモ株式会社富士見寮
⑮ 出 願 人 テルモ株式会社 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目44番1号
⑯ 代 理 人 弁理士 香取 孝雄

明 細 書

1. 発明の名称

超音波探触子

2. 特許請求の範囲

圧電体の両面に形成された1対の電極と、該1対の電極の一方の電極上に設けられた音響整合層とを有する超音波探触子において、

前記圧電体は、音響インピーダンスが $2.0 \sim 4.0 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$ の圧電材を含み、

前記音響整合層は、音響インピーダンスが $1.5 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$ 、 $1.9 \sim 4.4 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$ である第2の整合材、 $1.6 \sim 2.0 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$ である第3の整合材を順次積層した3層構造体であることを特徴とする超音波探触子。

3. 発明の詳細な説明

1. 発明の背景

A. 技術分野

本発明は超音波診断装置などに用いられる超音波探触子に係り、とくに、圧電体の超音波出力面に3層構造の音響整合層を装備した超音波

探触子に関する。

B. 先行技術とその問題点

超音波の透過・反射特性を利用した例えば超音波診断装置は、生体を解剖することなくその断層像を実時間で観察することができる装置としてその経済性・無侵襲性から近年、医療分野において広く利用されている。この超音波診断装置は、所謂パルスエコー法を用いており、被検体に超音波パルスを発射し、この超音波パルスが被検体内部の音響インピーダンスの不連続点で反射したエコーを検出し、その到達時刻及びエコーの強さからBモードによる生体の二次元像を表示するものである。

この超音波診断装置において、超音波の伝播方向の分解能である時間分解能(距離分解能)は、細部の正確な断層像を得る上で伝播方向と直角方向の方位分解能と共に重要な因子の1つであるが、超音波探触子から生体へ送信する超音波パルスのパルス幅が短い程、また、エコー受信時の超音波探触子の応答性が短い程時間分

解能は向上する。一つのトランスジューサ(電気-音響変換素子)で送受信を兼用する探触子ではインパルス応答の改善で時間分解能の向上を図ることができる。

従来、探触子のインパルス応答を改善する方法として行なわれているものの一つに、第1図に示す如く、トランスジューサ10の主面12、14の内、超音波を送信する負荷(生体)16とは反対側の背面14にトランスジューサ10の音響インピーダンスに近い背面負荷材(パッキング材)18を密着し、背面へ放射する超音波を吸収させる方法がある。この方法は、トランスジューサ10の背面反射を超音波の送受信に有効利用することができず、ために探触子全体の感度が低下してしまい欠点があった。

インパルス応答を改善する他の方法は、第2図の如くトランスジューサ10と負荷16の間に厚さ $\lambda/4$ (λ は材料中における超音波の波長)の音響整合層20を形成するものである。この方法は、一般にトランスジューサとして利用さ

れているチタン酸・ジルコン酸鉛系のセラミックス圧電体(所謂PZT)の音響インピーダンスが約 $30 \times 10^6 (\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 程度なのに対し、生体皮膚のそれは約 $1.5 \sim 1.6 \times 10^6 (\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s})$ と大きく離れており、両者を直接密着させたときトランスジューサ10の主面12と生体表面22との間で、超音波が何度も反射し、結果として生体へ送信される超音波が損失されて探触子の感度低下、応答性の劣化を招くので、音響整合層を形成して前記多重反射を緩和せんとするものである。音響整合層を1層又は2層(第3図参照)にして感度・応答性を改良したものは既に実用化が図られている。一方、3層構造については

(1) 「Multilayer Impedance Matching Schemes for Broadbanding of Water Loaded Piezoelectric Transducers and High Q Electric Resonators」(J.H. GOLL & B.A. Auld IEEE TRANSACTION ON SONICS AND ULTRASONICS 1975 vol. SU-22. 頁1 p.p.52~53)

(2) 「The Design of Broad-Band Fluid-Loaded Ultrasonic Transducers」(J.H. GOLL IEEE TRANSACTION ON SONICS AND ULTRASONICS 1979. vol. SU-26. 頁6 p.p.385~393)

(3) 特開昭52-61987号公報など、数々の報告がなされているものの、未だ1層又は2層構造の特性を上回る最適な構成を有する3層音響整合層の提案はなく、実用化がなされていないといった現状である。

これとは別に、第4図に示す如き、トランスジューサ10の音響インピーダンスから生体表面22の音響インピーダンスまで連続的に変化する媒介層24をトランスジューサ10の生体16の間に設ける提案がなされているが(特開昭54-21082号公報)、實際上適切な材料の選択、製造が極めて困難であるという不都合があった。

II. 発明の目的

したがって本発明は、感度をそれほど損失することなく、1層又は2層タイプの音響整合層よ

り優れた応答性を発揮することが可能で最適な3層音響整合層構造を持つ超音波探触子を提供することを目的とする。

本発明によれば、この目的は次のような超音波探触子によって達成される。すなわち、この超音波探触子は、圧電体として音響インピーダンスが $20 \sim 40 \times 10^6 \text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ の圧電材を用いるとともに、音響整合層として音響インピーダンスが $5 \sim 15 \times 10^6 \text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ である第1の整合材、 $1.9 \sim 4.4 \times 10^6 \text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ である第2の整合材、 $1.6 \sim 2.0 \times 10^6 \text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ である第3の整合材を順次積層した3層構造体である。

III. 発明の具体的説明

次に、添付図面を参照して本発明の超音波探触子につき詳細に説明する。

本発明は、超音波探触子を構成している各媒質中を伝播する圧力波を理論解析し、受信波形を直接求めて探触子の感度・応答性を算出することにより最適な整合層を見い出したもので、第5図乃至第11図にその解析原理を示す。ま

ず、第5図は、トランスジューサ10の厚さを $\lambda/2$ (λ は圧電材中での波長)、トランスジューサ10と負荷16との間に厚さ $\lambda/4$ (λ は整合層内での波長)の音響整合層20を設け、背面側に背面負荷材18を密着した構成を持つ超音波探触子30において、トランスジューサ10両面の電極24, 26に、第7図に示す単パルス電圧 V_{1n} を掛けられた場合の圧力波の時間的変化を図式化して示す説明図である。図中、縦軸は時間経過を表わす。トランスジューサ10の両面からは4つの圧力波A1~A4が放出されるが単パルス電圧 V_{1n} が加加された時刻 $t=0$ に発生する圧力波(A1)₀~(A1)₄のそれぞれの振幅は次式で示される。

$$(A1)_0 = -h \cdot V_{1n} \cdot Z_n / (Z_n + Z_T)$$

$$(A2)_0 = h \cdot V_{1n} \cdot Z_T / (Z_n + Z_T)$$

$$(A3)_0 = h \cdot V_{1n} \cdot Z_T / (Z_T + Z_M)$$

$$(A4)_0 = -h \cdot V_{1n} \cdot Z_M / (Z_T + Z_M)$$

但し、 h はトランスジューサ10の厚さ方向の圧電係数、 Z_n , Z_T , $Z_M (=Z_1)$ は各々背面負荷材

18、トランスジューサ10、整合層20の音響インピーダンスである。この4つの波が、各媒質の境界で、反射透過を繰返しながら負荷16中に、圧力波AFを放出すなわち送信する。

ここで、トランスジューサ10は厚み振動によって共振周波数でピストン運動を行なっているものとし、また、背面負荷材18の裏面からのエコーは背面負荷材18に吸収されて殆んど無視でき、更に、トランスジューサ10、整合層20内での減衰、電極24, 26及び各媒質間の接着層の厚さによる影響も殆んどないものとして扱う。

各媒質の境界において互いに干渉し合う圧力波のピークが一致するので、A2~A4及び負荷16へ送信される圧力波AFは、次の漸化式で一般化して表わすことができる。

$$(A2)_n = R_{TB} \cdot (A3)_{n-1}$$

$$(A3)_n = R_{TM} \cdot (A2)_{n-1} + T_{TM} \cdot R_{MF} \cdot (A4)_{n-1}$$

$$(A4)_n = T_{MT} \cdot (A2)_{n-1} + R_{MT} \cdot R_{MF} \cdot (A4)_{n-1}$$

$$(AF)_n = T_{FM} \cdot (A4)_n$$

ここで、添字 n は、圧力波の発生時刻が $t_n = n \cdot t_1$ であることを意味し、 n' は t_n より $t_1/2$ だけ遅れていることを表わす。 t_1 は音波がトランスジューサ10を片道伝搬する時間である。

また、 R_{TB} , R_{TM} , R_{MF} , T_{TM} , T_{MT} , T_{FM} は媒質境界での反射および透過係数で次式で与えられる。

$$R_{TB} = (Z_n - Z_T) / (Z_T + Z_n), \quad R_{TM} = (Z_M - Z_T) / (Z_T + Z_M)$$

$$R_{MF} = (Z_F - Z_M) / (Z_M + Z_F)$$

$$T_{TM} = 2Z_T / (Z_T + Z_M), \quad T_{MT} = 2Z_M / (Z_M + Z_T)$$

$$T_{FM} = 2Z_F / (Z_F + Z_M)$$

一方、送信波AFを同一の探触子30で受信したとき、圧力波A1~A4の時間的変化は、前述と同様にして第6図に示す如くになり、 $(AF)_n^d$ (添字 d は t_n より $t_1/2$ だけ前の時刻を意味する、即ち、 $d = n' - 1$)が探触子に入射した場合、 t_n の時点でトランスジューサ10に向かって作用する力は主面14側では $(A2)_n - (A3)_{n-1}$ 、18側では $(A3)_n - (A2)_{n-1}$ であるから、 t_n の時点で発生する受信電圧は、トランス

ジューサ10のピストン運動を考慮して、

$$V_n = K \left\{ \sum_{k=1}^n [(A2)_k - (A3)_{k-1}] + \sum_{k=1}^n [(A3)_k - (A2)_{k-1}] \right\} \\ = K [(A2)_n + (A3)_n]$$

但し K は比例定数

となる。 $(A2)_n$, $(A3)_n$ は、次の漸化式で与えられる。

$$(A2)_n = R_{TB} \cdot (A3)_{n-1}$$

$$(A3)_n = R_{TM} \cdot (A2)_{n-1} + T_{TM} \cdot R_{MF} \cdot (A4)_{n-1} + T_{MF} \cdot T_{TM} \cdot (AF)_{n-1}^d$$

$$(A4)_n = T_{MT} \cdot (A2)_{n-1} + R_{MT} \cdot R_{MF} \cdot (A4)_{n-1} + T_{MF} \cdot R_{MT} \cdot (AF)_{n-1}^d$$

以上の計算を行なえば、単パルス電圧 V_{1n} に対する受信波形を求めることができる。

同様の考えのもとに、第8図、第9図に、トランスジューサ10と負荷16との間に、厚さ $\lambda_1/2$ 及び $\lambda_2/2$ (λ_1 , λ_2 は各々整合層内の波長)で音響インピーダンスが Z_1 , Z_2 の第1整合層32及び第2整合層34を形成した整合層が2層構造の探触子40に対する送信時及び受信時の圧力波形の時間変化を示す。前述と同様に

して、送信時の $A_2 \sim A_5$, A_F の圧力波は次の漸化式で表わされる。

$$\begin{aligned}(A_2)_n &= R_{T2} \cdot (A_3)_{n-1} \\(A_3)_n &= R_{T1} \cdot (A_2)_{n-1} + R_{12} \cdot T_{T1} \cdot (A_4)_{n-1} + T_{12} \cdot T_{T1} \cdot (A_5)_{n-1} \\(A_4)_n &= T_{1T} \cdot (A_2)_{n-1} + R_{12} \cdot R_{1T} \cdot (A_4)_{n-1} + T_{12} \cdot R_{1T} \cdot (A_5)_{n-1} \\(A_5)_n &= T_{21} \cdot R_{2T} \cdot (A_4)_{n-1} + R_{21} \cdot R_{2T} \cdot (A_5)_{n-1} \\(A_F)_n &= T_{21} \cdot T_{F2} \cdot (A_4)_{n-1} + R_{21} \cdot T_{F2} \cdot (A_5)_{n-1}\end{aligned}$$

また受信時の $(A_2)_n$, $(A_3)_n$ は、次式で与えられる。

$$\begin{aligned}(A_2)_n &= R_{T2} \cdot (A_3)_{n-1} \\(A_3)_n &= R_{T1} \cdot (A_2)_{n-1} + R_{12} \cdot T_{T1} \cdot (A_4)_{n-1} + T_{12} \cdot T_{T1} \cdot (A_5)_{n-1} \\(A_4)_n &= T_{1T} \cdot (A_2)_{n-1} + R_{12} \cdot R_{1T} \cdot (A_4)_{n-1} + T_{12} \cdot R_{1T} \cdot (A_5)_{n-1} \\(A_5)_n &= T_{21} \cdot R_{2T} \cdot (A_4)_{n-1} + R_{21} \cdot R_{2T} \cdot (A_5)_{n-1} + T_{2F} \cdot (A_F)_n\end{aligned}$$

更に、第10図、第11図は、トランスジューサ10と負荷16の間に、厚さ $\lambda_1/2$, $\lambda_2/2$, $\lambda_3/2$ (λ_1 , λ_2 , λ_3 は各々整合層内の波長) で音響インピーダンスが Z_1 , Z_2 , Z_3 の三層構造の第1乃至第3音響整合層42 , 44 , 46を形成した探触子50に対する送信時及び受信時の圧力波形の時間変化を示すもので、前述と同

様に送信時の $A_2 \sim A_6$, A_F の圧力波は

$$\begin{aligned}(A_2)_n &= R_{T2} \cdot (A_3)_{n-1} \\(A_3)_n &= R_{T1} \cdot (A_2)_{n-1} + R_{12} \cdot T_{T1} \cdot (A_4)_{n-1} + T_{12} \cdot T_{T1} \cdot (A_5)_{n-1} \\(A_4)_n &= T_{1T} \cdot (A_2)_{n-1} + R_{12} \cdot R_{1T} \cdot (A_4)_{n-1} + T_{12} \cdot R_{1T} \cdot (A_5)_{n-1} \\(A_5)_n &= T_{21} \cdot R_{25} \cdot (A_4)_{n-1} + R_{21} \cdot R_{25} \cdot (A_5)_{n-1} + R_{5F} \cdot T_{25} \cdot (A_6)_{n-1} \\(A_6)_n &= T_{21} \cdot T_{52} \cdot (A_4)_{n-1} + R_{21} \cdot T_{52} \cdot (A_5)_{n-1} + R_{5F} \cdot R_{52} \cdot (A_6)_{n-1} \\(A_F)_n &= T_{F5} \cdot (A_6)_n\end{aligned}$$

また、受信時についても以下の漸化式で与えられる。

$$\begin{aligned}(A_2)_n \sim (A_4)_n &\text{は送信時と同じ、} \\(A_5)_n &= T_{21} \cdot R_{25} \cdot (A_4)_{n-1} + R_{21} \cdot R_{25} \cdot (A_5)_{n-1} \\&\quad + R_{5F} \cdot T_{25} \cdot (A_6)_{n-1} + T_{5F} \cdot T_{25} \cdot (A_F)_n \\(A_6)_n &= T_{21} \cdot T_{52} \cdot (A_4)_{n-1} + R_{21} \cdot T_{52} \cdot (A_5)_{n-1} \\&\quad + R_{5F} \cdot R_{52} \cdot (A_6)_{n-1} + T_{5F} \cdot R_{52} \cdot (A_F)_n\end{aligned}$$

但し、 $n'' = n' - 1$

以上の解析法に基づき、背面負荷18が空気 ($Z_3 = 0$) で、トランスジューサ10及び負荷16の音響インピーダンスを各々 $Z_T = 30$, $Z_F = 1.5 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$ とした場合の各1層乃至3層構造の探触子30 , 40 , 50について、受信

波形を求め、最大パルス高から相対感度 S 、時間軸上における最大パルス周りの分散から応答性 D を算出した。その結果を第12図乃至第16図に示す。なお、2層構造の探触子40を例として解析して得た受信波形は、実際の探触子を製作し、実測して得た波形と概ね一致する結果となり、本発明原理の妥当なことがわかる。これを第17図乃至第20図に示す。これらの図において図(A)は実測波形を示し、図(B)は解析波形を示す。

第12図、13図は、整合層が1層の探触子30に関するもので整合層30の音響インピーダンス Z_1 が種々に変化させてある。これによれば、 $Z_1 = 4 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$ 付近で感度、応答性ともに最高レベルとなっている。第14図は、2層タイプの探触子40の特性で、第1層の音響整合層32の音響インピーダンス Z_1 をパラメータとし、各 Z_1 の値毎に第2層の Z_2 を種々に変化させた様子を示す。図から応答性の改善は、 Z_1 を6~7 , Z_2 を $2.0 \sim 2.2 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$ 程度にするのが最適であり、この場合、相対感度は最適組合せ ($Z_1 = 5 \sim 6$, $Z_2 = 1.7 \sim 1.9 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$) に比べて1.5程度しか低下していない。第15図、16図の×印で示したデータは、上記2層タイプの探触子40の特性から、各 Z_1 の値毎に最適となる Z_2 の組合せを見出し、相対感度 S と D をプロットしたもので、グラフの数字は Z_2 の値を $\times 10^6 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$ で表わしている。第15図、第16図中の黒丸印で示したデータは、3層タイプの探触子50の特

性を示すもので、各 Z_1 の値毎に最適となる Z_2 、 Z_3 の組合せを見出し、SとDをプロットしたもので、グラフ中の数字の上段は、 Z_2 の値、下段は Z_3 の値を $\times 10^6 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$ で表わしている。この結果、前記2層タイプより更に応答性の改善がなされている範囲は、概略次の範囲のものである。

第1整合層 Z_1 : 6~12 ($\times 10^6 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$)

第2整合層 Z_2 : 2~4

第3整合層 Z_3 : 1.6~2.0

この範囲での応答性は、約 1.7~2 の値であり、感度の最適組合せからの低下は数%以下である。解析受信波形例を第21図、第22図に示す。

第23図、第24図は、トランスジューサ10の音響インピーダンス Z_T を 20×10^6 及び $40 \times 10^6 (\text{kg/m}^2 \cdot \text{s})$ とした場合の各探触子80、40、50の特性を前述と同様に算出したもので各々、2層タイプより改善された応答性を示す3層タイプの範囲は次の通りである。

$$Z_T = 20 (\times 10^6 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}) \quad Z_T = 40 \text{ のとき} \quad Z_T = 40 \text{ のとき}$$

第1整合層 Z_1 : 5~10

第2整合層 Z_2 : 1.9~3.5

第3整合層 Z_3 : 1.6~1.9

2.1~4.4

1.6~2.0

従って、トランスジューサ10に用いる圧電材が例えばPZTで $Z_T = 20 \sim 40 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$ とするとき、2層タイプより改良される3層タイプの構成範囲は、

第1整合層 : 5~15 ($\times 10^6 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$)

第2整合層 : 1.9~4.4 ()

第3整合層 : 1.6~2.0 ()

となる。

次表は、 $Z_T = 33.7 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$ のトランスジューサ10を用いて、従来報告されている3層タイプの探触子と本発明原理に基づいて最適化した探触子との特性を比較したもので、応答性が格段に改善されていることが示されている。第25図、第26図に示す従来法の3層タイプに対する解析受信波形と、第27図、第28図に示す本発明に基づく3層タイプの解析受信波

形を較べても受信波形の後引き部分が殆んど消えているのがわかる。

	従 来 法		本 法
	J.H.Goll & (1) B.A.Auld	J.H.Goll (2)	
Z_0	空 気	空 気	空 気
Z_T	33.7	33.7	33.7
Z_1	22.0	22.3	11.0
Z_2	7.8	7.72	3.5
Z_3	2.8	2.91	1.8
S	35.7	35.0	38.3
D	6.29	5.94	1.77

$$(Z_0 \sim Z_3 : \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s})$$

本発明による3層構造の探触子を実現するためには、上記各整合層の音響インピーダンスの範囲より例えば次の材料を使用すればよい。

第1整合層 : GeSe 、 As_2S_3 ガラス、

エポキシ樹脂とW粉の混合物、

熱可塑性高分子又は熱可塑性高分子とゴ

ム状弾性高分子からなる高分子物質と無機粉末からなる混合物、等

第2整合層 : ポリスチレン、ポリエチレン、ポリエステル、ABS、ポリカーボネート、アクリル、エポキシ樹脂、等

第3整合層 : シリコン・ゴム、ネオプレン・ゴム、等

N 発明の具体的作用効果

以上のように本発明の超音波探触子によれば、トランスジューサと負荷との間に3層構造の音響整合層を形成し、各整合層の音響インピーダンスを最適化したことで、1、2層タイプの音響整合層を有する探触子に比べ感度をそれ程損失することなく、応答性の改善を図ることができる。従って、より広帯域の超音波信号を送受信できるので時間分解能が改善され装置の性能が向上する。

4. 図面の簡単な説明

第1図乃至第4図は各々従来型の探触子を示す概略図、

第5図、第6図は1層タイプの探触子の送受信時における圧力波の伝播の様子を示す説明図、

第7図は、トランスジューサの両端に印加する信号波を示す図、

第8図、第9図は2層タイプの探触子の送受信時における圧力波の伝播の様子を示す説明図、

第10図、第11図は3層タイプの探触子の送受信時における圧力波の伝播の様子を示す説明図、

第12図、第13図は各々1層タイプの探触子の感度及び応答性特性を示す線図、

第14図は2層タイプの探触子の感度及び応答性特性を示す線図、

第15図、第16図は各々本発明に係る3層タイプの探触子の感度及び応答性特性を2層タイプと比較して示す線図、

第17図乃至第20図は2層タイプの探触子について解析して得た受信波形と実測波形を比較して示す線図、

第21図、第22図は本発明に係る最適化し

た3層タイプの探触子について解析して得た受信波形を示す線図、

第23図及び第24図は、トランスジューサの音響インピーダンスを変えた場合における3層タイプの探触子の感度及び応答性特性を示す線図、

第25図、第26図は従来の3層タイプの探触子につき解析して得た受信波形を示す線図、

第27図、第28図は本発明の3層タイプの探触子について解析して得た受信波形を示す線図である。

主要部分の符号の説明

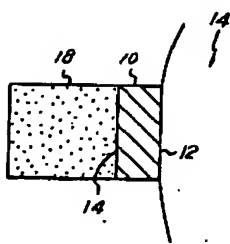
- 10…圧電体としてのトランスジューサ
- 24, 26…電極
- 42…第1音響整合層
- 44…第2音響整合層
- 46…第3音響整合層

特許出願人 テルモ株式会社

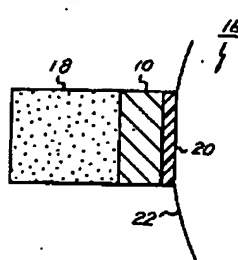
代理人 香取幸雄



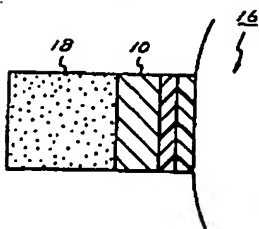
第1図



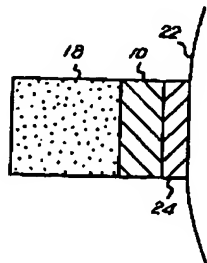
第2図



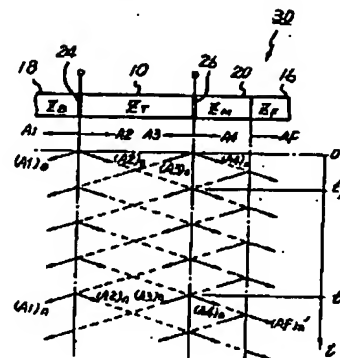
第3図



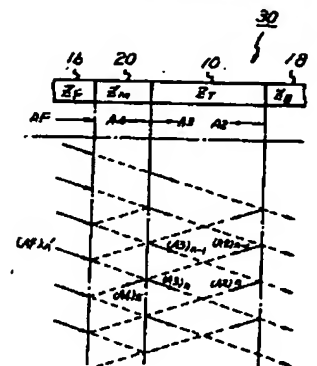
第4図



第5図



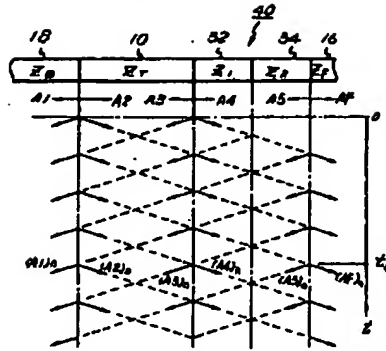
第6図



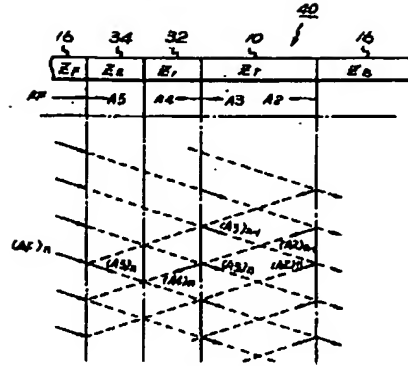
第7図



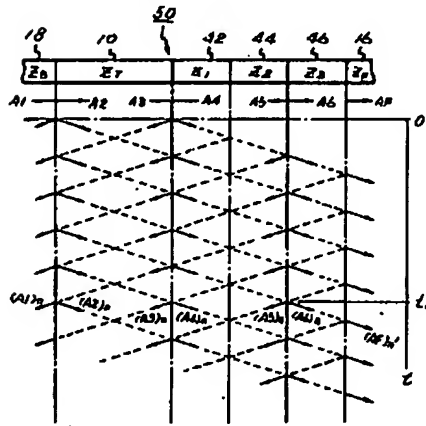
第8図



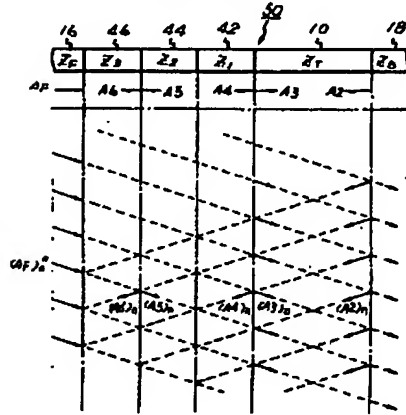
第9図



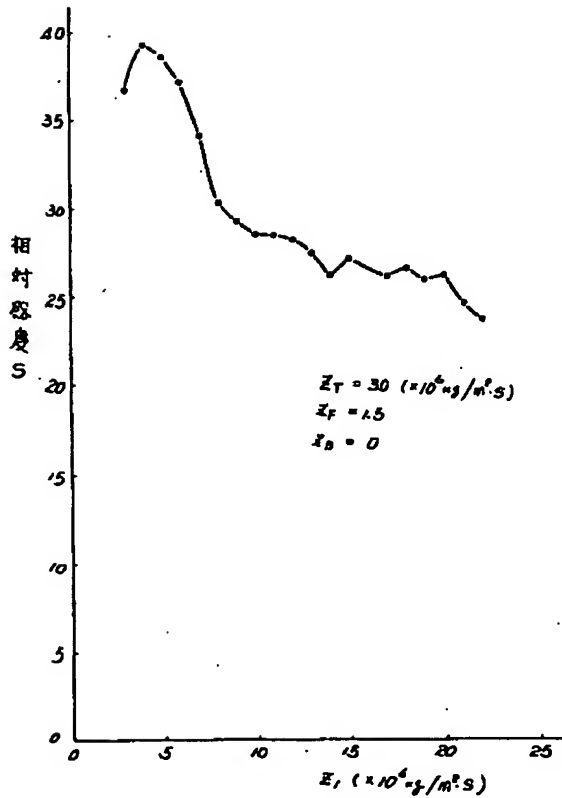
第10図



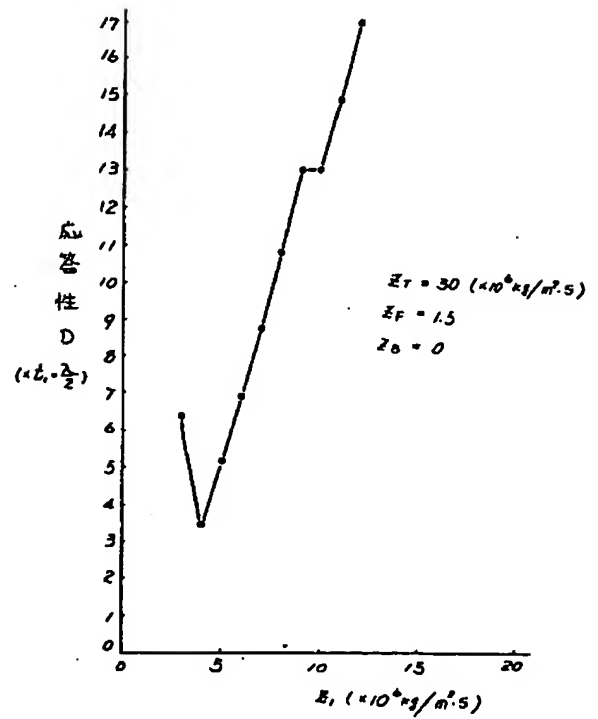
第11図



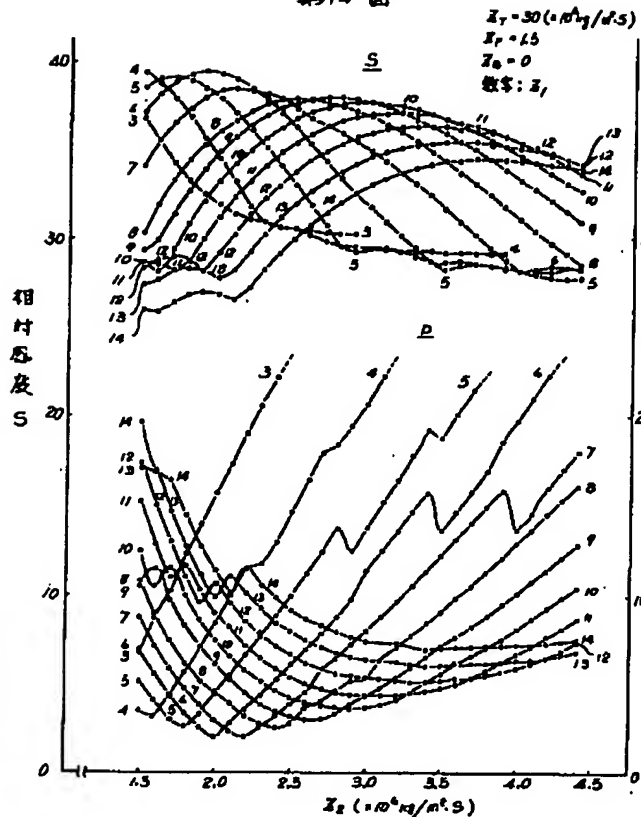
第12図



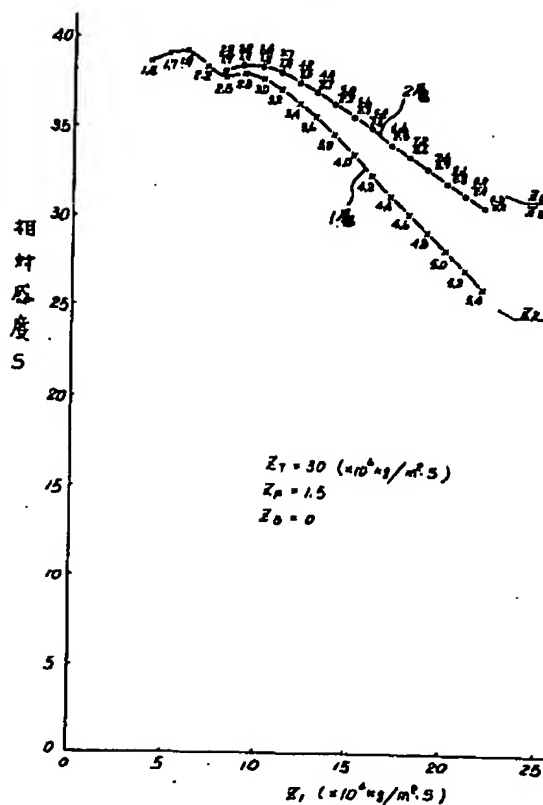
第13図



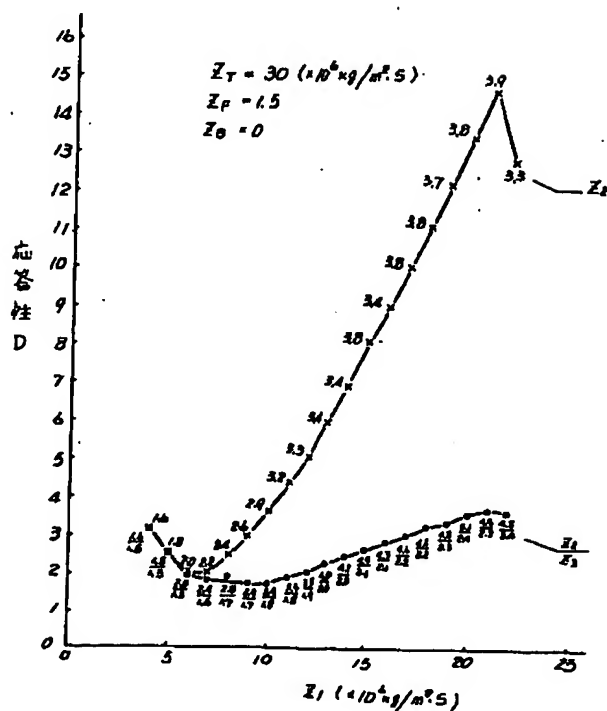
第14 図



第15 図



第16 図



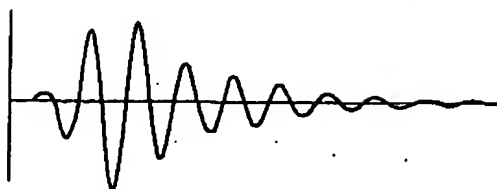
第17圖

(A)

$Z_1: ABK \ 69m$
 $Z_2: \text{ж}^2 \text{ж} - \text{ж}^2 \ 100m$



• (8)

$$\begin{array}{ll} Z_T = 20 \text{ (} \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{S)} & Z_T = 3 \\ Z_1 = 4.3 & Z_2 = 2.6 \end{array}$$


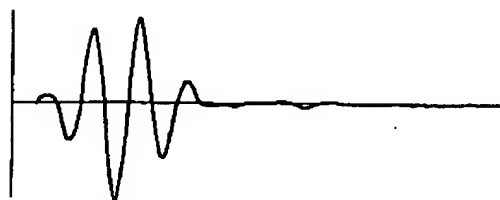
第18圖

(A)

Z_1 : ABJ 75 μ m
 Z_2 : ホウ入チリ 130 μ m



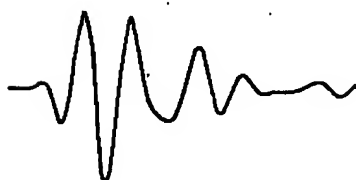
(B)

$$\begin{aligned} Z_1 &= 28 \text{ (кг}^6\text{кг/м}^3\text{)} & Z_1 &= 3 \\ Z_2 &= 7.2 & Z_2 &= 2.3 \end{aligned}$$


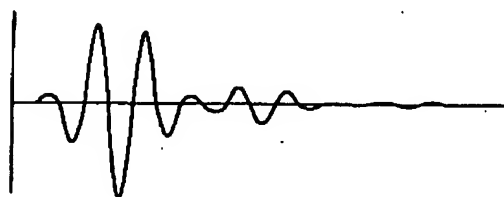
第19圖

(A)

$Z_1: ABH \ 70\mu m$
 $Z_2: \text{シリスタル} \ 125\mu m$



(B)

$$\begin{aligned} Z_7 &= 28 \text{ (} \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s)} & Z_8 &= 3 \\ Z_1 &= 9.3 & Z_2 &= 3.1 \end{aligned}$$


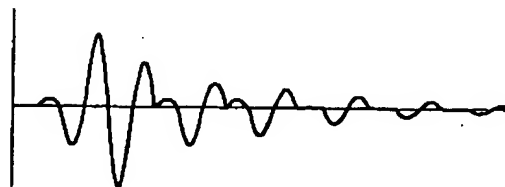
第 20 圖

(A)

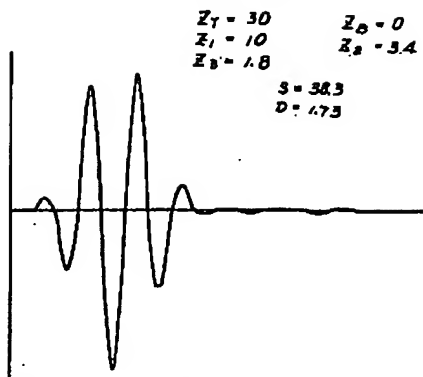
Z_1 : カラス 250 μm
 Z_2 : ポリエステル 125 μm



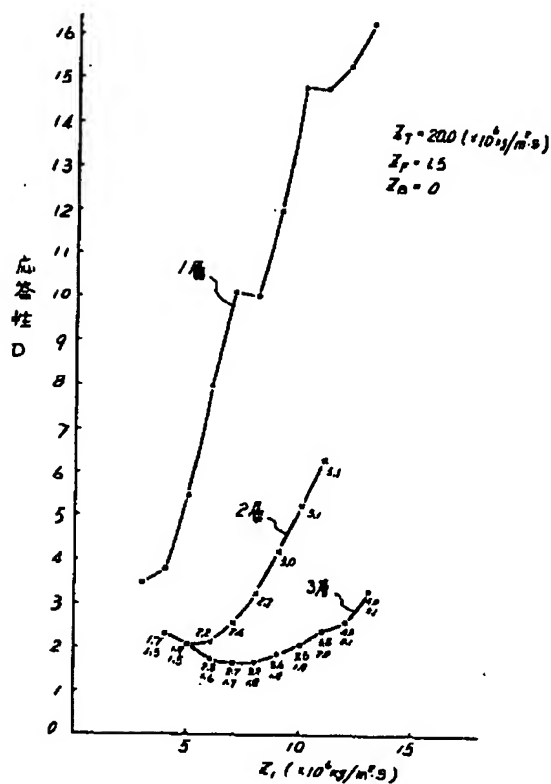
(B)

$$\begin{aligned} Z_T &= 28 (\times 10^3 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}) \\ Z_1 &= 14.3 \end{aligned} \quad \begin{aligned} Z_0 &= 3 \\ Z_2 &= 3.1 \end{aligned}$$


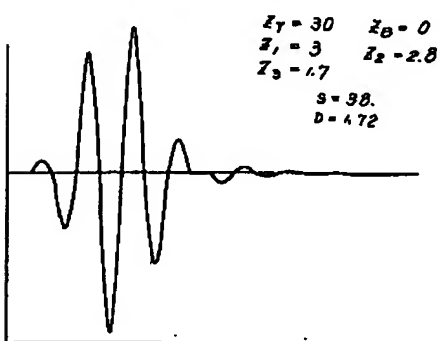
第21図



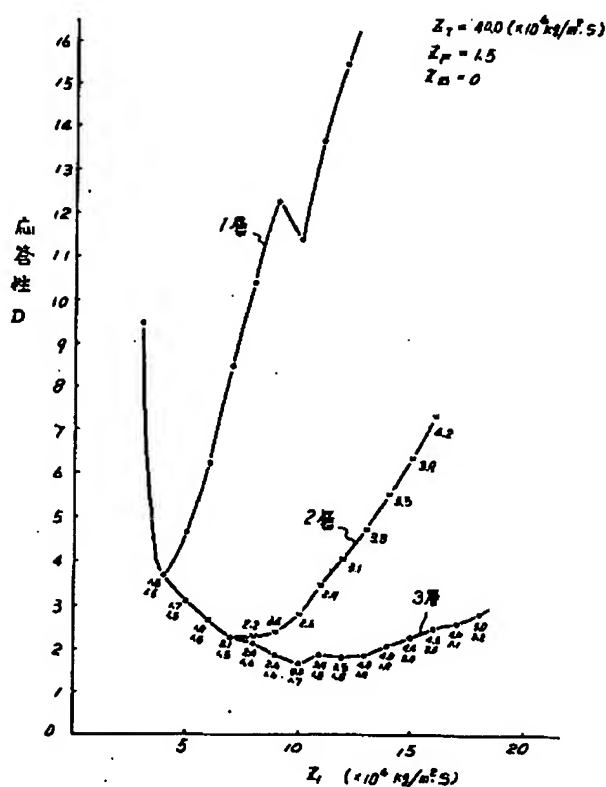
第23図



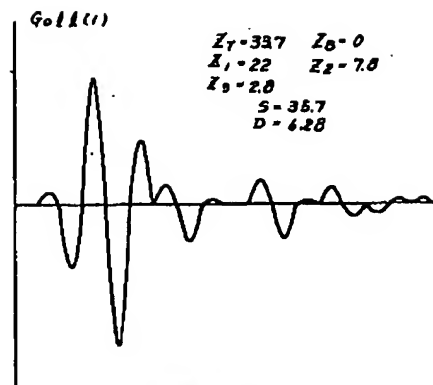
第22図



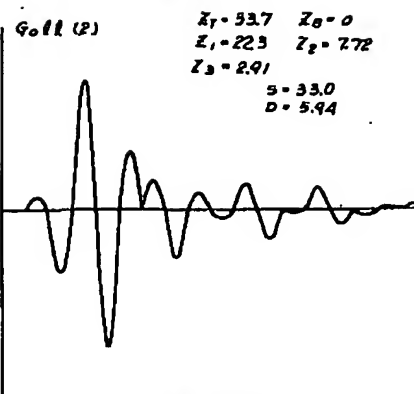
第24図



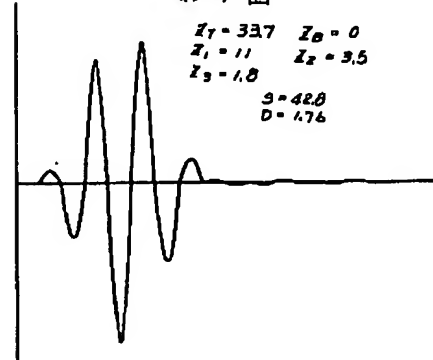
第25図



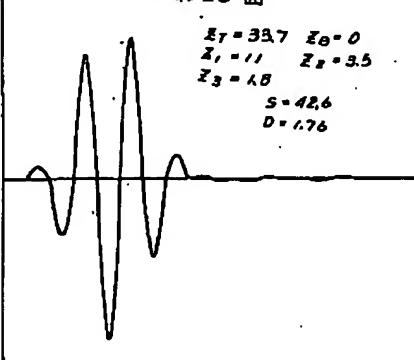
第26図



第27図



第28図



手続補正書

昭和60年3月12日

特許庁長官 志賀 学 殿

1. 事件の表示

昭和58年特許願第236237号

2. 発明の名称

超音波探触子

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

住 所 〒151

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目44番1号

名 称 テルモ株式会社

代表取締役 戸部 三雄

4. 代理人

住 所 〒105

東京都港区虎ノ門1-13-4

虎ノ門宝寿会館7階

電話(03)508-0955(代表)

氏 名 弁理士(7899) 香取 孝雄

5. 補正の対象

- (1) 願書の「発明の名称」の欄
- (2) 明細書の「発明の名称」の欄
- (3) 明細書の「特許請求の範囲」の欄
- (4) 明細書の「発明の詳細な説明」の欄
- (5) 明細書の「図面の簡単な説明」の欄
- (6) 図 面

6. 補正の内容

- (1) 「発明の名称」を下記の通り訂正する。
「超音波探触子用音響整合層」
- (2) 「特許請求の範囲」を別紙の通り訂正する。
- (3) 明細書第1頁第20行の
「面に」の後に
「装備される」を挿入する。
- (4) 明細書第1頁第20行～第2頁第1行の
「を装備・・・探触子」を削除する。
- (5) 明細書第2頁第4行の
「解剖」を
「解剖」に訂正する。
- (6) 明細書第4頁第1行の
「チタン酸・ジルコン酸鉛系」を
「ジルコンチタン酸鉛系」に訂正する。
- (7) 明細書第4頁第18行の
「Auld」の後に
「。」を挿入する。



(8) 明細書第5頁第2行の

「GOLL」の後に

「,」を挿入する。

(9) 明細書第6頁第1行の

「ことが可能で最適な」を削除する。

(10) 明細書第6頁第2行の

「3層音響整合層」の前に

「超音波探触子用の」を挿入する。

(11) 明細書第6頁第2行の

「構造を・・・探触子」を削除する。

(12) 明細書第6頁第5行の

「探触子」の後に

「用音響整合層」を挿入する。

(13) 明細書第6頁第6行～第8行の

「超音波探触子は・・・とともに,」を削除する。

(14) 明細書第6頁第8行の

「として」を

「は」に訂正する。

(19) 明細書第8頁第20行の

「 $(AF)_n = T_{FM} \cdot (A4)_n$ 」を

「 $(AF)_n = T_{FM} \cdot (A4)_n$ 」に訂正する。

(20) 明細書第10頁第14行の

「 $\lambda_1/2$ 及び $\lambda_2/2$ 」を

「 $\lambda_1/4$ 及び $\lambda_2/4$ 」に訂正する。

(21) 明細書第11頁第15行～第18行の

「 $\lambda_1/2, \lambda_2/2, \lambda_3/2$ 」を

「 $\lambda_1/4, \lambda_2/4, \lambda_3/4$ 」に訂正する。

(22) 明細書第13頁第4行の

「2層構造の」の後に

「整合層を有する」を挿入する。

(23) 明細書第15頁第9行の

「第2整合層 Z_3 : 2~4」を

「第2整合層 Z_2 : 2~4」に訂正する。

(24) 明細書第18頁第20行の

「, 第28図」を削除する。

(15) 明細書第6頁第15行の

「触子」の後に

「用音響整合層」を挿入する。

(16) 明細書第6頁第18行の

「超音波探触子」を

「音響整合層」に訂正する。

(17) 明細書第7頁第15行～第18行の

「 $(A1)_0 = -b \cdot V_{in} \cdot Z_B / (Z_B + Z_T) \cdot \cdot \cdot$

$(A4)_0 = -bV_{in} \cdot Z_N / (Z_T + Z_N)$ 」を

「 $(A1)_0 = -bC \cdot V_{in} \cdot Z_B / (Z_B + Z_T)$

$(A2)_0 = -bC V_{in} \cdot Z_T / (Z_B + Z_T)$

$(A3)_0 = -bC V_{in} \cdot Z_T / (Z_T + Z_N)$

$(A4)_0 = -bCV_{in} \cdot Z_N / (Z_T + Z_N)$ 」に訂正する。

(18) 明細書第7頁第20行の

「圧電係数,」の後に

「 C : 静電容量,」を挿入する。

(25) 明細書第18頁第9行の

「超音波探触子」の後に

「用音響整合層」を挿入する。

(26) 明細書第18頁第10行の

「トランスジューサと負荷との間に」を削除する。

(27) 明細書第18頁第10行～第12行の

「3層構造の音響整合層を形成し・・・最適化したこと」を

「各整合層の音響インピーダンスを最適化した3層構造の音響整合層を形成したことに訂正する。

(28) 明細書第18頁第13行の

「有する探触子」を削除する。

(29) 明細書第18頁第13行の

「に比べ」の後に

「整合層が適用された探触子の」を挿入する。

(30)明細書第18頁第18行の

「従来型の」の後に

「整合層を用いた」を挿入する。

(31)明細書第18頁第1行の

「1層タイプの」の後に

「整合層を用いた」を挿入する。

(32)明細書第18頁第5行の

「2層タイプの」の後に

「整合層を用いた」を挿入する。

(33)明細書第18頁第7行の

「3層タイプの」の後に

「整合層を用いた」を挿入する。

(34)明細書第18頁第10行の

「1層タイプの」の後に

「整合層を用いた」を挿入する。

(35)明細書第18頁第12行の

「2層タイプの」の後に

「整合層を用いた」を挿入する。

(36)明細書第18頁第14行～第15行の

「3層タイプの」の後に

「整合層を用いた」を挿入する。

(37)明細書第18頁第17行の

「2層タイプの」の後に

「整合層を用いた」を挿入する。

(38)明細書第20頁第1行の

「3層タイプの」の後に

「整合層を用いた」を挿入する。

(39)明細書第20頁第4行～第5行の

「3層タイプの」の後に

「整合層を用いた」を挿入する。

(40)明細書第20頁第9行の

「、第28図」を削除する。

(41)願書に添付した図面の第1図および第4図

を本手続補正書に添付の訂正図面に朱書した
如く訂正する。

(42)願書に添付した図面の第15図、第16図、第

17図、第18図、第19図、第22図、第25図およ
び第27図を本手続補正書に添付の図面と差し

替える。

(43)願書に添付した図面の第28図を削除する。

7. 添付書類の目録

(1) 訂正図面(第1図および第4図) 1通

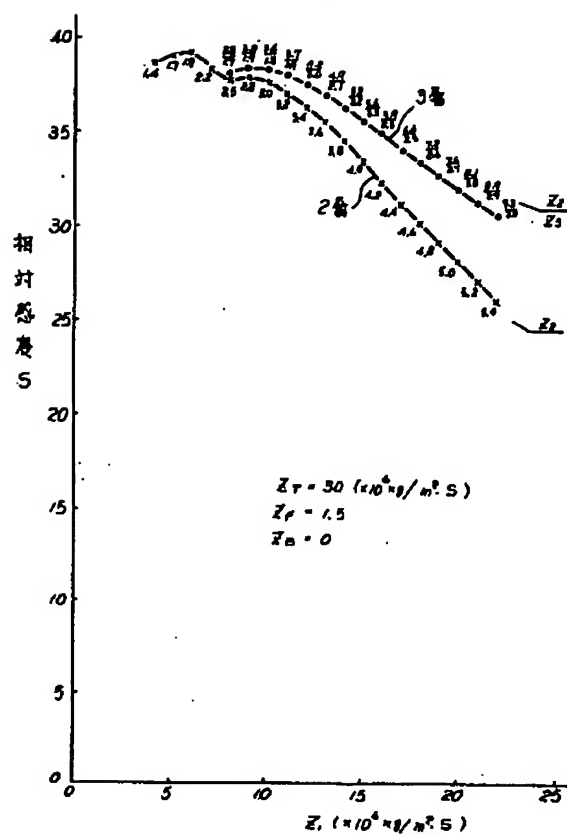
(2) 差替図面(第15図、第16図、第17
図、第18図、第19図、第22図、第
25図および第27図) 各1通

2. 特許請求の範囲

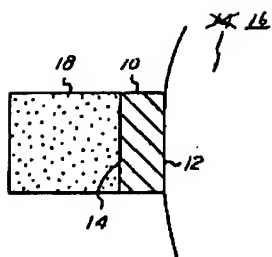
圧電体の超音波出力面に装備される音響整合層
であって、

該音響整合層は、音響インピーダンスが
 $5 \sim 15 \times 10^8 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$ である第1の整合材、
 $1.9 \sim 4.4 \times 10^8 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$ である第2の整合材、
 $1.6 \sim 2.0 \times 10^8 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$ である第3の整合材を
順次積層した3層構造体であることを特徴とする
超音波探触子用音響整合層。

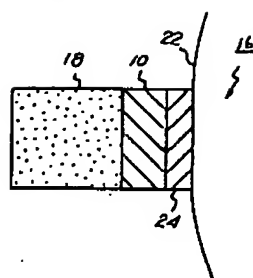
第15圖



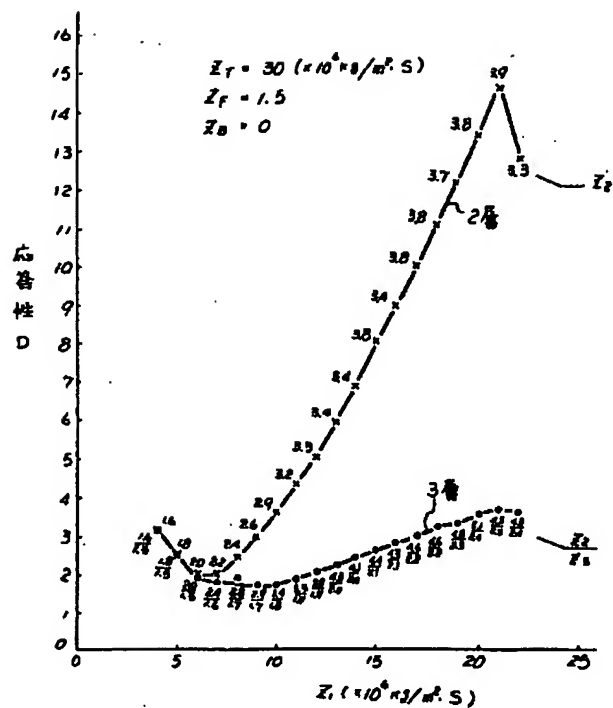
第1圖



第4圖

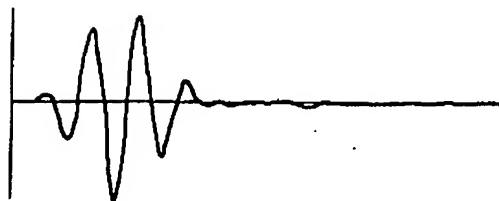


第16圖



第17回

(A)
Z₁: 骨合繊維 60μm
Z₂: ポリカポネト 100μm

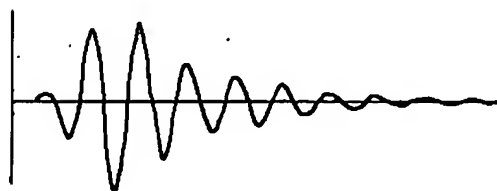

$$\begin{aligned} I_1 &= 28 \cdot (10^6 \text{ kg/a}^2 \cdot \text{s}) & I_0 &= 3 \\ I_2 &= 7.2 & I_3 &= 2.3 \end{aligned}$$


第18回

(A)

Σ_1 : 高分子複合材 75 μ m

Σ_2 : ポリスチレン 130 μ m


$$\begin{aligned} Z_T &= 20 \text{ (} \times 10^4 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s)} & Z_D &= 3 \\ Z_1 &= 6.3 & Z_2 &= 2.6 \end{aligned}$$


集 19 圖

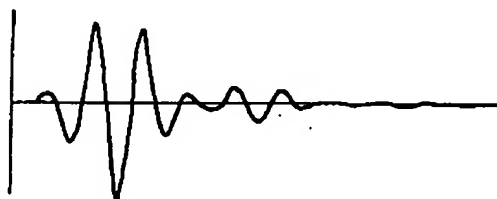
(A)

Σ_1 : 高分子複合物 70 μ m
 Σ_2 : ポリイソタール 125 μ m

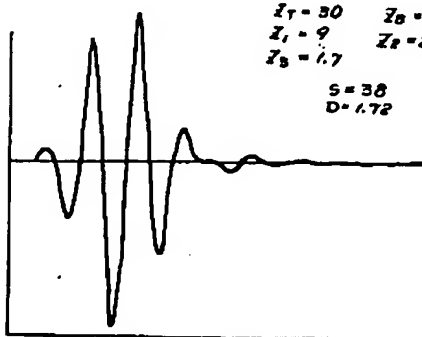


(B)

$Z_T = 28 \text{ (} \times 10^4 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s)}$	$Z_D = 3$
$Z_1 = 9.3$	$Z_2 = 3.1$



第 22 圖

$$\begin{array}{ll} Z_1 = 30 & Z_5 = 0 \\ Z_2 = 9 & Z_6 = 2,9 \\ Z_3 = 1,7 & \\ & S = 38 \\ & D = 1,72 \end{array}$$


昭和60年5月24日

特許庁長官 志賀 学 殿

1. 事件の表示

昭和58年特許願第236237号

2. 発明の名称

超音波探触子用音響整合層

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

住 所 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目44番1号

名 称 テルモ株式会社

4. 代理人

住 所 〒105

東京都港区虎ノ門1-13-4

虎ノ門宝来会館7階

電話(03)508-0855 (代表)

氏 名 弁理士(7888) 香取 孝雄



5. 補正命令の日付

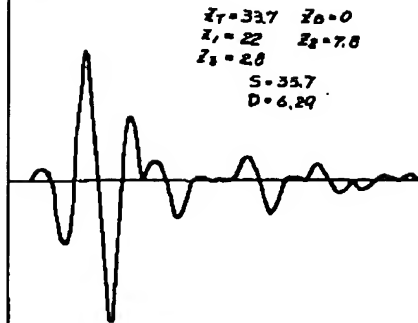
昭和60年4月25日 (発送日: 昭和60年5月14日)

6. 補正の対象

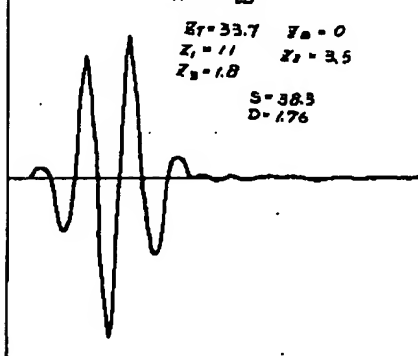
- (1) 昭和60年3月12日付提出の手続補正書第5項
「補正の対象」の欄
- (2) 昭和60年3月12日付提出の手続補正書に添付した
訂正図面

特許庁

6.11(1)



第27図



7. 補正の内容

(1) 昭和60年3月12日付提出の手続補正書第5項

「補正の対象」の欄を下記の通り訂正する。

「(1) 明細書の「発明の名称」の欄

(2) 明細書の「特許請求の範囲」の欄

(3) 明細書の「発明の詳細な説明」の欄

(4) 明細書の「図面の簡単な説明」の欄

(5) 図 面」

(2) 昭和60年3月12日付提出の手続補正書に添付

した訂正図面の第1図および第4図を添付した図

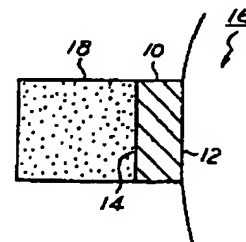
面(内容に変更なし)と差し替える。

8. 添付書類の目録

(1) 添付図面(第1図、第4図)

1通

第1図



第4図

